

УДК 662.613.125

**К. А. Зельманчук, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ МИНЕРАЛОВАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **Аннотация**

*Данная статья посвящена технологии утилизации твердых отходов минераловатного производства. Полученные углеродистые брикеты позволяют перерабатывать их в вагранке с большей эффективностью относительно цементных брикетов. Рассмотрена работа вагранки с применением брикетов.*

*Ключевые слова: брикеты, брикет, вагранка, минеральная вата, утилизация отходов, минераловатные отходы.*

### **Abstract**

*This article focuses on the development of technologies for utilization of mineral waste by briquetting. The resulting carbon briquettes can handle them in the cupola. Considered thermal performance cupola with bricks.*

*Keywords: briquettes, briquette, cupola, mineral wool, utilization waste, mineral waste.*

В условиях повышения требований в использовании и экономии энергетических ресурсов в сфере ЖКХ наблюдается увеличение объемов производства волокнистой изоляции на основе минерального сырья. На всех этапах его получения наблюдается образование твердых отходов, утилизация которых требует значительных усилий.

В исходном состоянии большая часть этих материалов отличается высокой пористостью (до 50–60%), неопределенностью формы кусков, плохой сыпучестью, повышенной упругостью при внешних механических усилиях. Состав исходного сырья представлен  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 9–13%,  $\text{SiO}_2$  – 40–50%,  $\text{MgO}$  – 12–15%,  $\text{CaO}$  – 18–23%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2–7%,  $\text{R}_2\text{O}$  – 4–6%.

Производимые промышленностью минераловатные брикеты на цементном связующем отличаются высокой температурой плавления, что требует увеличения энергозатрат на получение минерального расплава с ограничением прямого их использования в качестве компонента ваграночной плавки в количестве не более 10–15%. Для повышения эффективности их использования было предложено ввести в их состав некоторое количество твердого углерода с применением органического связующего.

Присутствие стадии упругопластической деформации при прессовании минераловатных отходов для получения брикетов требует их предварительного помола с применением шаровой мельницы, работа которой характеризуется удовлетворительной производительностью, простотой обслуживания, широкими возможностями относительно простого увеличения кратности помола за счет изменения времени осуществления процесса. При этом длительность помола не должна превышать 4–6 минут.

Возможность формирования требуемых механических и химических свойств брикетов, при введении в их состав дополнительных компонентов, при изготовлении открывает возможности для корректирования условий переплава минерального сырья в вагранках [1; 2].

Исследования закономерностей изменения газодинамики слоя минераловатной вагранки позволили ограничить размер производимых брикетов в пределах 40–50 мм, а их ми-

нимальная прочность на раздавливание в холодном состоянии должна быть не менее 40 кг/брикет. При этом целесообразно поддерживать их исходную плотность на максимально возможном уровне [4].

При выборе вида жидкого неорганического связующего были изучены условия изменения плотности и прочности брикетов с использованием наиболее распространенных их разновидностей: композиция из ортофосфорной кислоты, сульфидно-спиртовой барды, ортофосфорной кислоты и огнеупорной глины, раствора полифосфата натрия и сульфидно-спиртовой барды (ЛСТ), огнеупорной глины и сульфидно-спиртовой барды (ЛСТ), раствора хлористого кальция и сульфидно-спиртовой барды (ЛСТ), раствора полифосфата натрия и шликера из огнеупорной глины. При использовании жидкого стекла возможно получение брикетов наибольшей плотности: сырых – 1,63; после сушки 1,26; при 1000°С – 1,30 т/м<sup>3</sup>. Далее по мере снижения их плотности располагаются солевые связки (раствор солей хлористого кальция и магния, сульфата магния, оксихлорида алюминия, циркония и т.д.) соответственно 1,67; 1,32; 1,06 т/м<sup>3</sup>, огнеупорная глина соответственно 1,27; 1,24; 1,16 т/м<sup>3</sup>, сульфидно-спиртовая барда соответственно 1,54; 1,29; 1,2 т/м<sup>3</sup> и цементное связующее соответственно 1,0; 1,0; 0,94, т/м<sup>3</sup>. Следует также отметить, что в процессе тепловой обработки сырых брикетов их плотность с ростом температуры всегда снижается вследствие удаления газообразных продуктов [4; 5].

Рассматривая закономерности изменения прочности брикетов следует отметить, что наибольшие ее значения в сыром виде будут наблюдаться при использовании цементного связующего 255,19кг/брикет, далее располагаются по снижению значений: раствор сульфидно-спиртовой барды (186,49кг/бр.), раствор огнеупорной глины (164,89кг/бр.), раствор хлористого кальция (141,34кг/бр.) и наименьшей прочностью обладали брикеты, выполненные на основе жидкого стекла (39,26кг/бр.) [4].

Испытания органической связки на основе компонентов «Полипласт» показали, что длительность предварительной тепловой обработки брикетов из минераловатных отходов не должна превышать 10 минут, а общий характер изменения прочностных показателей брикетов позволяет определить в качестве рекомендуемой связки полипласт 5СВ, как обеспечивающую наибольшую прочность на раздавливание.

Режим дополнительной тепловой обработки при температурах до 300°С в течение 10 минут повышает прочностные показатели брикетов. Дальнейшее увеличение времени выдержки слабо влияет на изменение прочностных показателей брикетов [4].

Исследования транспортабельности получаемых брикетов позволили предложить для создания их прочной структуры и получения плотной укладки зерен ввести в состав исходного порошка смесь крупных и мелких частиц крупной и мелкой фракции в соотношении 1:1. Было установлено, что использование шихты, состоящей из мелкой фракции молотых волокнистых отходов фракции менее 0,15мм в количестве около 50%, а также смеси габбро – 38,5%, доломита – 1,2%, коксика в количестве до 10% фракции 1-2мм с применением органической связки «Полипласт 5СВ» в количестве 2% позволяет создать прочную структуру брикетов со значительным повышением их технологической и транспортабельной прочности. При этом их прочность на раздавливание составила около 286кг/брикет, а количество сбрасываний брикетов на металлическую плиту с высоты 1м составило более 26.

Теоретический анализ тепловой работы минераловатной вагранки с использованием до 25% углеродистых минераловатных брикетов показал, что при этом характер развития основных теплофизических процессов изменяется незначительно с преимущественным перераспределением источников тепла в слое. Расчетные сравнительные исследования теплового баланса вагранки показали, что использование углеродистых брикетов сопровождается снижением общих энергетических затрат на ваграночный процесс с 576006 до 573460кДж/100кг, т.е. 0,92% преимущественно за счет совершенствования теплофизических процессов плавки. Это достигается в основном за счет снижения общего прихода тепла от сгорания кокса с 457307 до 411576кДж/100кг, т.е. на 10% и увеличения экзотермических процессов переплава брикетов с 11281 до 54466кДж/100кг, т.е. в 4,83 раза [3].

При неизменной производительности вагранки ее тепловой КПД снижается с 31,64 до 30,78%, т.е. на 0,86% за счет перераспределения расходных статей теплового баланса. При этом уменьшение величины потерь тепла с отходящими газами с 65599кДж/100кг до 63053кДж/100кг характеризуется увеличением их доли с 10,39 до 11,00%, а при неизменной величине тепловых потерь на охлаждение корпуса 144014кДж/100кг их доля возрастает с 20 до 25,11% [6].

Оценка себестоимости углеродистых брикетов по сравнению с цементными показала возможность снижения ее значений  $1827,58/1178=1,55$  раза. Прямой экономический эффект от применения углеродистых брикетов (только при замене углерода кокса углеродом запрессованного коксика) при ваграночной плавке составит  $2493,8 \cdot 12000=29925600$ руб. без ухудшения качества производимой продукции и снижения производительности вагранки. При этом, с учетом затрат на каждой тонне брикетов, можно получить доход в размере  $29925600-1178 \cdot 24937,6=549107,2$ руб./год= $22,02$ руб./т брикетов.

Исследования поведения углеродистых брикетов в условиях близких к ваграночному процессу показали, что

1. При получении минерального расплава требуемого состава из экспериментальных образцов образуется до 3,5–3,86% углеродистой составляющей, имеющей плотность меньше плотности жидкой фазы, дожигание которой может быть достигнуто в окислительной зоне вагранки.

2. Получаемый расплав имеет вязкость близкую к общему расплаву на выпуске из вагранки.

3. В интервале температур от 481 до 940°C происходит интенсивное окисление углерода кокса с преимущественным образованием диоксида углерода и оплавлением внутренней структуры образца. При этом изменений содержания СО в отходящих газах не предвидится.

4. Процесс окончательного расплавления материалов начинается при температуре около 1183°C в виде катастрофического изменения линейных размеров брикетов. Окончательное их расплавление достигается при температуре около 1300°C.

5. Ожидаемая экономия кокса при использовании каждые дополнительных 10% брикетов с содержанием 6–10% коксика в ваграночной шихте может составить величину от 0,67% при содержании 6% коксика до 1,548% при содержании 10% коксика. Изменений производительности вагранки при этом не ожидается. Следует также отметить, что эта экономия возникает без учета окисления углерода песочной части брикетов в окислительной зоне в количестве 3,53–3,86% с содержанием углерода до 70%. Этот факт необходимо проверить в условиях промышленных испытаний брикетов.

#### Список использованных источников

1. Китаев Б.И. Теплообмен в доменной печи / Б.И.Китаев, Ю.Г.Ярошенко, Б.Л.Лазарев – М.: Металлургия, 1966. – 356 с.
2. Китаев Б.И. Теплообмен в шахтных печах / Б.И.Китаев, Ю.Г.Ярошенко, В.Д.Сучков – Свердловск: Metallurgizdat, 1957. – 279 с.
3. Китаев Б.И. Тепло - и массообмен в плотном слое / Б.И.Китаев, В.Н.Тимофеев, Б.А.Боковиков [и др.] – М.: Металлургия, 1972. – 432 с.
4. Коротич В.И. Теоретические основы окускования металлургического сырья / В.И.Коротич. – М.: Металлургия, 1966. – 151 с.
5. Кноп А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе / пер. с англ. А. М. Василько, Г. М. Восканяница; под ред. Ф. А. Шутова. – М.: Химия, 1983. – 280 с.
6. Телегин А.С. Тепломассоперенос / А.С.Телегин, В.С.Швыдкий, Ю.Г.Ярошенко – М.: Академкнига, 2002. – 455 с.